

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-196043

(43)Date of publication of application : 15.07.1992

(51)Int.Cl.

H01J 37/28

(21)Application number : 02-322304

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 28.11.1990

(72)Inventor : MATSUI HIRONOBU

ICHIHASHI MIKIO

HOSAKA SUMIO

NAKAYAMA YOSHINORI

HARAICHI SATOSHI

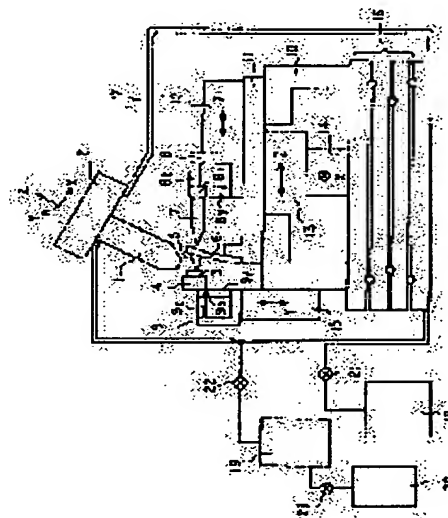
(54) COMBINING DEVICE INCLUDING SCANNING TYPE ELECTRON MICROSCOPE

(57)Abstract:

PURPOSE: To combine a scanning type electron microscope SEM device with an observing-measuring device and processing-treating device without any particular need of large-sized structure of these devices, by including a focusing electron beam irradiating means in the interior space of a specimen chamber in addition to a means for observing, measuring, processing, and treating a specimen.

CONSTITUTION: A focusing electron beam irradiating means 1 for making radiation while scanning an electron beam focused finely onto the surface of a specimen 3 is included in the interior space of a specimen chamber 17, so as to observe the surface of the specimen 3 by means of a scanning electron microscopic method.

Consequently, combining a SEM device with an observing-measuring device and a processing-treating device can be performed without especially making the structure and the dimensions of these devices large-sized.



⑫ 公開特許公報(A) 平4-196043

⑬ Int. Cl.⁵
H 01 J 37/28識別記号 庁内整理番号
Z 9069-5E

⑭ 公開 平成4年(1992)7月15日

審査請求 未請求 請求項の数 12 (全 15 頁)

⑮ 発明の名称 走査型電子顕微手段を内蔵した複合化装置

⑯ 特 願 平2-322304

⑰ 出 願 平2(1990)11月28日

⑱ 発 明 者 松 井 宏 信 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑱ 発 明 者 市 橋 幹 雄 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑱ 発 明 者 保 坂 純 男 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑱ 発 明 者 中 山 義 則 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑲ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑳ 代 理 人 弁理士 薄田 利幸 外1名

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

走査型電子顕微手段を内蔵した複合化装置

2. 特許請求の範囲

1. 試料室内に置かれた試料の観察、計測または加工、処理を行なう装置において、上記試料室の内部空間中に、上記した試料の観察、計測または加工、処理を行なうための手段とは別に、上記試料表面を走査型電子顕微法により観察するために上記試料表面に細く集束された電子線を走査しながら照射するための集束電子線照射手段を内蔵させてなることを特徴とする走査型電子顕微手段を内蔵した複合化装置。

2. 試料室内に置かれた試料の観察、計測または加工、処理を行う装置において、上記した試料の観察、計測または加工、処理を行うための手段とは別に、上記試料表面を走査型電子顕微法により観察するために上記試料表面に細く集束された電子線を走査しながら照射するための集

束電子線照射手段を付設し、上記試料室内を真空排気するための排気系と上記集束電子線照射手段の内部空間を真空排気するための排気系とを共用する構成としてなることを特徴とする走査型電子顕微手段を内蔵した複合化装置。

3. 上記集束電子線照射手段による電子線照射によって上記試料から放射される二次電子を検出するための二次電子検出手段を付設してなることを特徴とする請求項1または2に記載の走査型電子顕微手段を内蔵した複合化装置。

4. 上記集束電子線照射手段の上記試料に対する相対位置関係を可変ならしめる手段を付設してなることを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の走査型電子顕微手段を内蔵した複合化装置。

5. 上記集束電子線照射手段と上記二次電子検出手段とを所定の位置関係に保持した状態で、両者を一緒にして上記試料に対する相対位置関係を可変ならしめる手段を付設してなることを特徴とする請求項3に記載の走査型電子顕微手段

- を内蔵した複合化装置。
6. 上記集束電子線照射手段は、電子源、該電子源からの電子線を上記試料上に集束するための電子線集束手段、および該集束電子線を上記試料上で走査するための偏向手段からなり、上記電子線集束手段は全て静電レンズによって構成されていることを特徴とする請求項1ないし5のいずれかに記載の走査型電子顕微手段を内蔵した複合化装置。
7. 上記集束電子線照射手段の内部空間を上記試料の加工、処理を行なう空間領域から遮断する手段を付加してなることを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の走査型電子顕微手段を内蔵した複合化装置。
8. 上記した試料の観察、計測を行なう装置は、原子間力顕微鏡であることを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載の走査型電子顕微手段を内蔵した複合化装置。
9. 上記した試料の観察、計測を行なう装置は、走査型トンネル顕微鏡であることを特徴とする

請求項1ないし6のいずれかに記載の走査型電子顕微手段を内蔵した複合化装置。

10. 上記した試料の加工、処理を行なう装置は、分子線結晶成長装置であることを特徴とする請求項1ないし7のいずれかに記載の走査型電子顕微手段を内蔵した複合化装置。
11. 上記した試料の加工、処理を行なう装置は、ガスプラズマを用いたドライエッチング装置であることを特徴とする請求項1ないし7のいずれかに記載の走査型電子顕微手段を内蔵した複合化装置。
12. 上記した試料の加工、処理を行なう装置は、集束イオンビーム装置であることを特徴とする請求項1ないし7のいずれかに記載の走査型電子顕微手段を内蔵した複合化装置。
3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

本発明は、走査型トンネル顕微鏡(STM)、原子間力顕微鏡(AFM)などの観察・計測装置や化学蒸着(CVD)装置、集束イオンビーム(FIB)

- 3 -

装置、ドライエッチング装置などの加工・処理装置と走査型電子顕微装置との複合化装置に関するものである。

【従来の技術】

例えば、走査型トンネル顕微鏡(STM)などの近視野顕微鏡は、広い視野の観察には適さないため、視野の選択を容易にするために、走査型電子顕微鏡(SEM)と複合化させることが行なわれている。

従来、STM等の観察・計測装置とSEM装置との複合化は、電子線の集束手段として磁界レンズを用いた大型SEM装置の試料室内にSTM機能部を内蔵させることによって実現されている。このような複合化の一例は、レビュー オブサイエンティフィック インストルメンツ、第57巻、第2号(1986年)、第221頁～第224頁 [Review of Scientific Instruments vol.57, No.2 (1986), pp.221-224] に開示されている。

また、化学蒸着(CVD)装置、集束イオンビーム(FIB)装置やドライエッチング装置などの加

工・処理装置においては、試料の加工や処理の状態をモニタリングするために、SEM装置と複合化することが行なわれている。

従来、このような加工・処理装置とSEM装置との複合化は、これら加工・処理装置の横に、電子線の集束手段として磁界レンズを用いた大型SEM装置を並設し、加工・処理装置の試料室とSEMの試料室とを連通口を介して連結させることによって行なわれている。そして、SEM装置による試料の観察を行なう際には、上記連通口を通して試料を加工・処理装置の試料室内からSEM装置の試料室内へ移動させるようにしている。このようにした一例は、特開昭61-256554号公報に開示されている。

【発明が解決しようとする課題】

上述した従来の複合化技術においては、SEM装置自体が非常に大型であるため、該SEM装置をSTMなどの観察・計測装置や、CVD装置、FIB装置、ドライエッチング装置などの加工・処理装置に複合化しようとする、複合化された

- 5 -

- 6 -

装置全体が極めて大型になってしまうという問題があった。

また、上記した従来技術に従って、観察・計測装置や加工・処理装置にSEM装置を複合化する場合には、これら観察・計測装置や加工・処理装置のための真空排気系以外に、新たにSEM装置用の真空排気系を設けることが必要になるという問題点があった。

さらに、上記従来技術による観察・計測装置とSEM装置との複合化においては、SEM装置自体が固定設置されているため、観察・計測装置側での観察・計測のための試料移動機構に加えて、SEM装置側でのSEM観察のための試料移動機構が新たに必要となる。また、上記従来技術による加工・処理装置とSEM装置との複合化においては、加工・処理装置の試料室内からSEM装置の試料室内まで試料を移動させるための試料移動機構がさらに必要となる。このように、試料を移動させるための機構やその操作が複雑になってしまうという問題があった。

- 7 -

とにある。

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、本発明の一実施例においては、試料室内に置かれた試料の観察・計測または加工・処理を行なう装置において、上記試料室の内部空間中に、上記試料表面を走査電子顕微法により観察するために上記試料表面に細く集束された電子線を走査しながら照射する集束電子線照射手段を内蔵させてなることを特徴としている。

また、本発明の他の一実施例においては、試料室内に置かれた試料の観察・計測または加工・処理を行なう装置に、上記試料表面を走査電子顕微法により観察するために上記試料表面に細く集束された電子線を走査しながら照射するための集束電子線照射手段を付設し、上記試料室内を真空排気する排気系と上記集束電子線照射手段の内部を真空排気する排気系とを共用する如く構成してなることを特徴としている。

また、本発明のさらに他の一実施例においては、

本発明の目的は、上述したような観察・計測装置や加工・処理装置の構造を格別に大型化することなく、これら観察・計測装置や加工・処理装置にSEM装置を複合化してなる複合化装置を提供することにある。

本発明の他の目的は、上述したような観察・計測装置や加工・処理装置に新たな真空排気手段を付設することなく、これらの観察・計測装置や加工・処理装置にSEM装置を複合化してなる複合化装置を提供することにある。

本発明のさらに他の目的は、上述したような観察・計測装置や加工・処理装置に新たな試料移動機構系を付設することなく、これらの観察・計測装置や加工・処理装置にSEM装置を複合化してなる複合化装置を提供することにある。

本発明のさらに他の目的は、上記したような加工・処理装置にSEM装置を複合化してなる装置において、試料の加工・処理を行なわせることによってSEM装置の性能が劣化せしめられることがないように改良された複合化装置を提供するこ

- 8 -

試料の観察・計測または加工・処理を行なう装置に内蔵もしくは付設された集束電子線照射手段の試料に対する相対位置関係を可変ならしめる手段を付設してなることを特徴としている。

また、本発明のさらに他の一実施例においては、試料への集束電子線照射によって発生する二次電子を検出するための二次電子検出手段の試料に対する相対位置関係を上記集束電子線照射手段の試料に対する相対位置関係と共に可変ならしめる手段を付設してなることを特徴としている。

また、本発明のさらに他の一実施例においては、上記の集束電子線照射手段を上記試料の加工・処理領域から隠蔽する手段を付加してなることを特徴としている。

また、本発明のさらに他の一実施例においては、上記の集束電子線照射手段における電子線集束手段を全て静電レンズによって構成してなることを特徴としている。

【作用】

上記した本発明の特徴的構成によれば、試料室

の内部空間中に集束電子線照射手段を内蔵させたことにより、観察・計測装置または加工・処理装置の構造寸法を特別に大型化することなく、これら装置にSEM装置を複合化してやることができる。

また、上記したように、観察・計測装置または加工・処理装置の試料室との真空排気系と集束電子線照射手段の真空排気系とを共用する構成としたことにより、集束電子線照射手段のために新たな真空排気手段を設けることなく、これら装置にSEM装置を複合化してやることができる。

また、上記したように、集束電子線照射手段の試料に対する相対位置関係を可変ならしめる構成としたことにより、観察・計測装置または加工・処理装置側に新たな試料移動機構系を設けることなく、これら装置にSEM装置を複合化してやることができる。

また、上記したように、集束電子線照射手段を試料の加工・処理領域から隠蔽する手段を付加したことにより、試料の加工・処理を行なうことに

ってSEM装置側の性能を劣化させることのない、加工・処理装置とSEM装置との複合化装置が得られる。

本発明のさらに他の特徴並びにそれに伴って得られる作用効果については、以下の実施例を挙げ、の説明の中で逐次明らかにされよう。

〔実施例〕

以下、本発明の実施例につき、図面を参照して、詳細に説明する。

第1図に、本発明の一実施例になる複合装置の概略構成を示す。本実施例は、STM（走査型トンネル顕微鏡）の原理を応用したAFM（原子間力顕微鏡）の試料室内に超小型SEMを内蔵させた複合化装置の例である。ここでは、超高真空容器17の中にAFM装置が設置され、該容器17内にアタッチメントとして三次元(xyz)移動機構2によって保持された超小型SEM装置の筒部1が内蔵設置されている。

上記AFM装置は、試料3を保持する試料台4、AFM用の探針5、該AFM用探針5を保持する

- 11 -

カンチレバー6、STM用の探針7、該STM用探針7の三次元(XYZ)方向位置を制御するための圧電素子8_x, 8_y, 8_zからなるトライポッド型スキャナ8、上記試料台4の三次元(XYZ)方向位置を制御するための圧電素子9_x, 9_y, 9_zからなるトライポッド型スキャナ9、ベース(支持台)10、カンチレバー6とSTM用スキャナ8とを搭載しベース10上を滑り移動するスライダ11、該スライダ11上でSTM用スキャナ8をZ軸方向に移動させるためのステップ移動機構12、ベース10上でスライダ11をZ軸、X軸方向にそれぞれ移動させるためのステップ移動機構13, 14、ベース10に対しAFM用スキャナ9をY軸方向に移動させるためのステップ移動機構15、並びに、積層型防振機構16から構成されている。なお、ここでは、それぞれの構成要素の動作を制御するための制御系については、図示を省略してある。

上記した構成のAFM装置は、一定斥力モード(探針5の先端と試料3との間に作用する斥力を

- 12 -

一定に保持した状態)で動作せしめられる。すなわち、AFM用スキャナ9のZ軸圧電素子9_zを伸長させることによって試料3を探針5の先端に近づけていくと、探針5の先端と試料3との間に作用する原子間力(この場合は、斥力)によってカンチレバー6が押されて反り返るが、この時のカンチレバー6の姿勢(反り返りの状態)が一定となるようにZ軸圧電素子9_zの伸縮状態を制御する。この時のカンチレバー6の姿勢が一定かどうかは、STM用探針7の先端とカンチレバー6との間の距離が一定かどうかによってチェックされる。つまり、STM用探針7の先端とカンチレバー6との間に流れるトンネル電流を監視し、該トンネル電流が一定に保たれるようにZ軸圧電素子9_zの伸縮状態を制御すれば、カンチレバー6の姿勢は常に一定に保たれる。

したがって、AFM用スキャナ9のX, Y軸圧電素子9_x, 9_yによって試料4をXY面内で二次元走査(例えば、ラスタ走査)しながら、上記したようにカンチレバー6の姿勢が常に一定になる

- 13 -

- 14 -

ようにZ軸圧電素子9_zによる試料3のZ軸方向位置制御を行なえば、この時の走査信号(圧電素子9_x, 9_yの駆動信号)と圧電素子9_zの駆動信号とを用いて試料3の表面構造を表示させ、これを観察することができる。

しかしながら、上記したAFM装置においては、AFM用スキャナ9による走査範囲を広くとることが難しいため、試料表面の高々数 μ m角程度の範囲しか観察することができない。このため、走査範囲の広いSEMによって予め試料表面の広い範囲を観察して、AFM観察を所望する領域を探し出すことが必要である。また、上記したAFM装置においては、STM機構が用いられているため、カンチレバー6の裏面の所定位置にSTM用探針7を精密にアライメントすることが必要である。

そこで、本実施例においては、AFM装置による観察視野の選定を行なう場合には、第2図に示すように、SEM鏡筒部1の光学軸(電子線軸)を試料3の表面に指向させて試料表面の広い範囲に

ついでSEM法による観察を行なったり、試料表面とAFM用探針5先端との同時観察による両者の位置関係の確認を行なう。また、STM用探針7のカンチレバー6裏面へのアライメントを行なう場合には、第3図に示すように、移動機構2によってSEM鏡筒部1をx, y, あるいはz軸方向に移動させることによりSEM鏡筒部1の光学軸をカンチレバー6の裏面に指向させてSEM法によるカンチレバー6の裏面とSTM用探針7との同時観察を行なうことによってSTM用探針7のカンチレバー6の裏面の所定位置への位置合わせ(アライメント)を行なう。

上述したSEM鏡筒部1およびその移動機構2の具体的構成例を第4図に示す。第4図において、超小型SEMの鏡筒部1は、電子線集束用レンズとして、励磁コイルの必要な磁界レンズを用いずに、電極101, 104, 105および106からなる静電レンズを用いているため非常に小型に構成されている。一例として、第1電極101の外径(鏡筒部太さ)は30mm、電子銃取付用フラン

- 15 -

ジ116の上面から第1電極101の下面までの距離(鏡筒部長さ)は100mmとなっている。このように、本発明による全静電レンズ構成のSEM鏡筒部は、従来の磁界レンズを用いた鏡筒部構成に比べ、体積的に約1/100となっているため、該SEM鏡筒部1全体をAFM装置の超高真空容器17内に内蔵させたり、該鏡筒部1を超高真空容器17内で移動させたり、該鏡筒部1内を真空排気するための排気系をAFM装置用の排気系と共用させたりすることが可能となっている。このSEM鏡筒部1は、電子銃114、第1電極101、第2電極104、第3電極105、第4電極106、偏向コイル(あるいはアライメントコイルを含んだ偏向コイル)102、該偏向コイルを取り付けるための絶縁物製ボビン103、電極105, 106を保持する絶縁端子107、鏡筒部1を支持するホルダ108、および、電子銃114を支持するフランジ116より構成されている。そして、鏡筒部1は、超高真空容器17の真空壁に設けられた開口部に気密に取り付けられる

- 16 -

フランジ111にベローズ109を介して取り付けられている。また、鏡筒部1を動かすための移動機構2は、ホルダ108の上部に形成されたネジ部118に嵌め合わされたナット113を回転することにより鏡筒部1を光学軸方向(z軸方向)に移動させるように構成されたz軸移動機構部と、ナット113の側面にx, y軸方向からそれぞれ当接された微動ネジ110, 110_y(y軸方向については図示省略)を回転することにより鏡筒部1を光学軸に直角な面内でx, y軸方向に移動させるように構成されたx, y軸移動機構部とからなっている。なお、ナット113をスムーズに動かせるようにするために、ナット113の下面とフランジ111との間にボール112が設けられている。ホルダ108とフランジ111との間には弾性変形するベローズ109が取り付けられており、これによって、超高真空容器17内の真空度を維持したままの状態を上記した鏡筒部1の移動が可能になっている。

上記した構成のSEM装置は次のように動作す

- 17 -

- 18 -

る。第4図において、電子銃114の電子放出チップ先端と電子引出電極としての第4電極104との間に形成された引出電界によって上記チップ先端から引き出された電子線は、第2,第3,第4電極104,105,106の三電極からなるコンデンサレンズおよび第1,第2電極101,104の二電極からなる対物レンズによって細く集束されて試料3上に照射せしめられる。さらに、該集束電子線は、第2電極104に囲まれていることによって該第2電極104と同電位に保たれている空間内において、電磁偏向コイル102(これは静電偏向電極であってもよい)により偏向され、試料3の表面上で二次元的に走査される。該電子線の照射によって試料3表面から放出された二次電子は二次電子検出器(図示省略)によって検出され、該検出信号を映像信号として制御・表示装置117内の表示部に試料3表面の二次元二次電子像を表示させることができる。これらの制御、信号処理、表示などに関する操作は、すべて制御・表示装置117によって行なわれるものとする。

- 19 -

の制御やビームスポット径、焦点深度の調整を行なうためのものである。つまり、第3電極105の電圧を調節してコンデンサレンズのレンズ作用を強くし対物レンズのレンズ作用を弱くした状態で電子線を試料上にフォーカスさせると、ビームスポット径は大きくなって分解能は低下するが、試料に照射される電子電流(プローブ電流)を大きくし、かつ焦点深度を深くすることができる。これは、第3図のようにしてカンチレバー6の裏面にSTM用探針7のアライメントを行なう場合のように、低倍率で広い範囲を、しかも深い焦点深度で観察する必要がある場合に有効である。これとは逆に、高分解能観察すなわち小さなビームスポット径での観察を必要とする場合には、コンデンサレンズのレンズ作用を弱くし対物レンズのレンズ作用を強くしてフォーカスさせればよい。

本実施例においては、真空容器内に内蔵せしめられたSEM鏡筒部1の各電極やコイルに供給すべき電圧や電流は、フランジ111に取り付けられた複数本(図では、1本だけを示したが)の導入

なお、鏡筒部1の各電極やコイル等への電圧、電流の供給および二次電子検出信号の取出しは導入端子115を介して行なわれるものとするが、第4図中では、図面の煩雑化を避けるために、配線の細部の様子については図示を省略してある。

上記した対物レンズを構成する第1,第2電極101,104のうち、電子銃114側にある第2電極104への印加電圧を試料4側にある第1電極101(アース電位にある)に対して正側の電圧とし、該印加電圧の大きさを調整して第1電極101と第2電極104との間の電界を調節することにより、該対物レンズのレンズ作用の強さが調節される。そして、両電極の印加電圧間に所定の関係を成立させることによって、対物レンズのレンズ主面が第1電極101の下側に形成されるようになる。このことにより、レンズ主面と試料3表面との距離を短くすることができ、磁界型対物レンズを用いた場合よりも光学収差を小さくできる。

一方、上記したコンデンサレンズは、電子電流

- 20 -

端子115を介して導入される。このように、フランジ111に、SEM鏡筒部1やxyz移動機構2を取付け、さらに、鏡筒部駆動用の電圧や電流を供給するための導入端子115をも併せ設けておくことは、SEM装置をAFM装置等の真空試料室内にコンパクトに内蔵させて複合化装置とすることを容易ならしめるものであり、極めて重要である。

なお、本実施例では、SEM鏡筒部1内の真空排気には、AFM装置の真空排気システムをそのまま兼用している。この方式では、SEM鏡筒部1内の真空排気が十分効率良く行なわれるようにするために、第1~第4の電極の電極構造やその支持体の構造を考慮することが必要である。例えば、これら電極やその支持体の筒状部分の側壁等に小さな排気孔を多数あけてやるなどの工夫を施すことが重要である。また、兼用する真空排気システムとしては、超高真空用の排気システムとするのが望ましい。例えば、第1図において、超高真空ポンプ21には、ノーブルポンプ、イオンボ

- 21 -

- 22 -

ンプ、あるいはチタンゲッタポンプが、また、超高真空ポンプ 22 には、ターボ分子ポンプ、ノーブルポンプ、イオンポンプ、あるいはチタンゲッタポンプが使用され、さらに、粗引き用の低真空ポンプ 23 には、油回転ポンプが使用される。超高真空排気用のポンプ 21、22 は、真空バルブ 24、25 を介して超高真空容器 17 に接続され、低真空排気用のポンプ 23 は、真空バルブ 26 を介して超高真空ポンプ 22 の低真空側に接続される。

さらに、二次電子検出器(図示省略)としては、従来の SEM 装置に使用されているものを用いれば良い。この二次電子検出器は別のフランジに設置してもよいが、空間的に余裕があるならば SEM 鏡筒部 1 が取り付けられているフランジに併設できればより便利である。

SEM 鏡筒部 1 の x、y 軸方向の移動は、微動ネジ 110_x、110_y、(後者については図示省略)を回すことにより、ナット 113 を介して鏡筒部 1 を支持しているホルダ 108 を x、y 軸方向に

微動(微動範囲は 1mm 角程度)させて行なう。このとき、ナット 113 は大気圧により常にフランジ面に押しつけられているので、両者間にボール 112 を介在させることによりナット 113 を移動し易くしてやることが重要である。また、z 軸方向の移動は、ナット 113 を回転することにより、鏡筒部 1 を支持しているホルダ 108 を上下させて行なう。このように構成された移動機構を用いて鏡筒部 1 を移動させることにより、第 2 図および第 3 図に示したような態様での使用が可能になる。なお、鏡筒部 1 の中心軸(光学軸)のフランジ面に対する傾斜は、例えば、ナット 113 の下面を球面状とし、該球面状ナット下面とボール 112 との間に球面座を有する中間移動部材を設ける等の工夫を施すことにより実現できる。なお、この場合には、微動ネジ 110_x、110_y は、上記の中間移動部材に当接せしめられる。この鏡筒部 1 の傾斜運動と前述した x、y 軸方向運動とを複合化することにより、鏡筒部 1 のより複雑な運動が実現できる。

- 23 -

第 5 図に、本発明の他の一実施例になる複合装置の概略構成を示す。本実施例は、STM(走査型トンネル顕微鏡)に超小型 SEM を内蔵させた複合化装置の例である。これは、第 1 図に示した AFM 装置における探針 5 とカンチレバー 6 とを取り除き、STM 用探針 7 を直接試料 3 表面に近づけて試料表面の STM 観察を行なうようにした所謂 STM 装置において、STM 観察の際の観察視野の選択、試料表面観察あるいは STM 用探針 7 先端の評価のための SEM 観察を可能にするために、STM 装置内に超小型 SEM を内蔵させたものである。ここでも、高倍率から低倍率までの SEM 観察を行なうための SEM 鏡筒部 1 とその移動機構 2 とが必要となるが、これらの部分については、第 1~4 図で説明した具体例と同様な構成を採ることによって容易に実現可能である。

なお、内蔵させた SEM 装置を用いることによって、上記した二次電子像以外に、反射電子像、試料吸収電子像やオージェ電子像を得ることも可能である。この場合、反射電子は半導体検出器で、

オージェ電子はエネルギーアナライザで検出することができる。これらの検出器は、図には示していないが、従来から使用されているものを試料 3 の近傍に配置してやればよい。

上記の実施例では、AFM 装置または STM 装置に超小型 SEM を複合化した具体例について述べたが、STM 装置におけるトンネル電流の検出や AFM 装置における原子間力(微小力)の検出以外に、磁気力、静電力、光、電磁波、音波、歪波、熱(温度)、静電容量などの物理量を検出しても試料表面の構造や物理的、電気的性質を観察、計測することできる。これら種々の物理量を用いる近視野顕微鏡に対しても、上記した実施例と同様に、超小型 SEM を複合化してやるのが有効である。

第 6 図に、本発明のさらに他の一実施例になる複合装置の概略構成を示す。本実施例は、分子線結晶成長装置に超小型 SEM を内蔵させた複合化装置の例である。すなわち、本複合化装置は、分子線源 201、202、203 を内蔵した分子線結

- 25 -

- 26 -

品成長装置の試料室(処理室)204内に移動機構2を備えたSEM鏡筒部1を内蔵させることにより、分子線結晶成長装置とSEM装置とを複合化したものである。SEM鏡筒部1およびその移動機構2は、第4図に示したものと同様の構造のものでよい。SEM鏡筒部1が非常に小型にできているため、この場合にも、試料室204内の排気とSEM鏡筒部1内の排気は共通の排気系によって行なわれる。

次に、本複合化装置の使用例について説明する。第6図において、試料台4上に載置された試料3はGaAs単結晶からなる結晶成長用の基板であり、分子線源201、202、203としては、それぞれGa、Al、Asのソースが用いられているものとする。試料(基板)3上に結晶成長を行なわせるに先立って、先ず基板(GaAs基板)3上にSEM鏡筒部1から細く絞った電子線210を走査しながら照射し、基板表面から放出される二次電子205を二次電子検出器206によって検出し、該検出信号を用いて基板表面の二次電子像を

表示させ、基板の表面状態をSEM観察する。これにより、基板表面上の異物や欠陥等についての情報が得られる。しかる後に、Ga、Al、Asの各ソースから分子線を発生させて、基板3表面上にGaAlAs層を20nm結晶成長させる。その後、この結晶成長したGaAlAs層の表面を上記した電子線走査によるSEM法により観察し、成長結晶中の結晶欠陥の有無を調べる。この様にして、基板表面や成長結晶表面の観察と結晶成長とを繰返し行なうことにより、基板表面上に存在する異物や欠陥とその上の成長結晶中に現われる欠陥との間の因果関係を調べることができる。

第7図に、本発明のさらに他の一実施例になる複合装置の概略構成を示す。本実施例は、ガスプラズマを利用するドライエッチング装置に超小型SEMを内蔵させて複合化装置とした例である。本装置は、ガスプラズマによるドライエッチング装置の試料室(処理室)204内に、移動機構2により移動可能に保持されたSEM鏡筒部1を内蔵させたものである。SEM鏡筒部1は、第4図に

- 27 -

示したものと同一構造であり、非常に小型にできている。このため、エッチング装置としての性能に悪影響を与えることなく、SEM鏡筒部1を試料(被処理物)3の近傍に配置させることが可能となった。

ここでは、試料(被処理物)3は、第8図(a)に示したようなGaAs/GaAlAs多層結晶体であるとし、そのドライエッチング処理を行なう場合を例にとりて説明する。第8図(a)において、GaAs基板207上に結晶成長によって形成されているGaAlAs層208の厚さは10nmであり、さらにその上のGaAs層209の厚さは20nmである。この多層結晶体は、第6図に示した分子線結晶成長装置を用いて作成したものである。この様な分子線結晶成長により得られたGaAs/GaAlAs多層結晶体における各層の界面での結晶成長状態を調べるためには、結晶成長後の多層結晶体を選択エッチングすることにより調べようとする結晶層の表面を露出させ、該露出層の表面状態を観察する必要がある。本実施

- 28 -

例による複合化装置によれば、このような要求に対しても、次のようにして容易に応えることができる。

まず、SEM鏡筒部1の先端に設けられた開閉弁211を閉じた状態で、試料(多層結晶体)3を試料台4上に載置し、処理室204内を一旦真空排気してから、該処理室内に例えばCCl₄、F₂ガスなどの反応性ガスを導入すると共に高周波電源212によって電極213に高周波電圧を印加して、該電極213と試料3との間に反応性ガスのプラズマを発生させる。この発生プラズマによって試料3のエッチング処理が行なわれる。

なお、上記した開閉弁211は、反応性ガスをを用いてエッチング処理が行なわれる際に、該反応性ガスがSEM鏡筒部1の内部に侵入して電極等の電子光学部品を腐食させることによってその電子光学特性を劣化させることがないようにするために、SEM鏡筒部1の内部空間をエッチング処理が行なわれている空間から隠蔽(遮断)するため設けられたものである。また、本実施例におい

- 29 -

- 30 -

ては、反応性ガスの導入によって処理室204内の真空度が低下した場合でも、SEM鏡筒部1の内部空間(とくに、電子源付近の空間)は高真空状態に維持できるようにするために、SEM鏡筒部1側の真空排気には、処理室204内を真空排気するための排気系とは異なる独立した排気系を用いている。なお、処理室204内の真空度が低下した場合に、上記した開閉弁211を閉じてやることによって、SEM鏡筒部1内を高真空状態に維持することがさらに容易になる。

上述した CCl_2F_2 ガスのプラズマを用いたエッチング処理においては、GaAs層はエッチングされるがGaAlAs層はエッチングされないという、非常に材料選択性に富んだ反応性エッチングが行なわれる。このため、第8図(a)に示したような多層結晶体をエッチングした場合、先ず最上層のGaAs層209がエッチングにより除去されてその下のGaAlAs層208が露出した状態(第8図(b))において、エッチングはそれ以上進まなくなり、自動的に停止する。この段階

で、プラズマ発生のための反応性ガスの供給並びに高周波電圧の印加を停止し、処理室204内を真空排気してから、開閉弁211を開き、SEM鏡筒部1を動作させて集束電子線210を露出されたGaAlAs層208の表面に走査しながら照射し、該層表面のSEM像観察を行なう。このSEM像観察により、例えば、該層表面の凹凸状態から結晶欠陥の有無を調べたり、あるいは、該層表面から放出される二次電子の強度分布から金属不純物を含む領域208'の有無などを検知することができる。

第9図に、本発明のさらに他の一実施例になる複合装置の概略構成を示す。本実施例は、FIB装置(集束イオンビーム装置)の試料室内に超小型SEMを内蔵させて複合化装置とした例である。図において、イオン源220からイオン引出電極222によって引き出されたイオンビーム221は、第一集束レンズ223および第二集束レンズ225によって細く集束されて試料3上に照射される。この際、ブランキング電極224によりイ

- 31 -

オンビームのON, OFFが制御され、偏向電極226によりイオンビームの照射位置が制御される。

試料3表面へのイオンビーム221の照射と同時に、ガスポンベ231からノズル229を通してエッチングガスを試料3表面に供給し、該試料表面のイオンビーム照射部位において局所的に反応性エッチングを行なわせることができる。また、イオンビーム221の照射と同時に、ガスポンベ232からノズル230を通してCVDガスを試料3表面に供給し、該試料表面のイオンビーム照射部位において局所的なCVD反応を行なわせることができる。これらの局所加工のモニタリングのために、SEM鏡筒部1が試料室204内に設けられている。ここで、試料室204とイオンビームチャンバ233とSEM鏡筒部1は、それぞれ独立の真空排気系(図示せず)により個別に排気できるように構成されているものとし、それによって、イオンビームチャンバ233の内部とSEM鏡筒部1の内部は常に高真空状態に維持されて

- 32 -

いるものとする。

SEM鏡筒部1は、試料3表面に対する電子線210の照射傾き角 θ を変化させるための θ 駆動部227および電子線210の試料3周りでの照射方位角 ϕ を変化させるための ϕ 駆動部228に取り付けられており、試料3に対して常に最適な方向(傾き角および方位角)から電子線を照射できるように構成されている。SEM鏡筒部1からの電子線照射によって試料3表面から放出される二次電子を二次電子検出器(図示せず)により検出し、該検出信号を用いて試料表面のSEM像を表示させることにより、上記した局所加工部における加工(処理)形状を詳細にモニタリングすることができる。この場合、SEM鏡筒部1が大きく動いた場合でも常に同じ条件で二次電子を検出できるようにするために、二次電子検出器はSEM鏡筒部1に対して所定の位置関係を保持した状態でSEM鏡筒部1に固定支持され、SEM鏡筒部1を移動させた場合それと一緒に二次電子検出器も移動するように構成されているのが望ましい。

- 33 -

- 34 -

また、イオンビーム 221 により試料 3 の任意個所に任意深さの穴を掘り、この穴の側面に SEM 鏡筒部 1 からの電子線を照射して、穴側面を SEM 観察することにより、試料の任意個所における断面構造を容易に観察することができる。

従来、このような加工・処理状態の SEM 観察は、試料を加工・処理装置内から一旦大気中に取り出してから改めて SEM 装置の試料室内に導入することによって、あるいは、第 10 図に示すように加工・処理を行なうための試料室 204 の横脇に大型の SEM 鏡筒部 250 を備えた SEM 観察用の試料室 251 を設け、両試料室間をゲートバルブ 252 を有する連通口 253 を介して接続しておき、試料 3 を加工・処理用の試料室 204 内から SEM 観察用の試料室 251 内へ移動させることによって行なわれていた。しかしながら、前者のように一旦大気中に試料を取り出す方式においては、試料表面が酸化してしまったり、異物が付着しやすいなどの問題点があった。また、後者のように加工・処理装置の横に SEM 装置を設

ける構造では、装置全体が大型化し、排気系や試料の移動機構などが複雑になってしまうこと、また、それに伴って装置の操作も複雑になること等の問題があった。

これに対し、上記した本発明実施例においては、加工・処理を行なわせるための試料室 204 内に超小型 SEM の鏡筒部 1 を内蔵させているので、装置全体の大型化を防ぐことができ、しかも、加工・処理と観察とを交互に繰り返す際の試料移動機構をも不要とすることができる。また、SEM 鏡筒部が非常に小型であるため、分子線結晶成長装置のように試料室内が高真空に保持される装置においては、試料室内の排気系と SEM 鏡筒部内の排気系を共用化することができる。さらに、SEM 鏡筒部を試料に対して移動可能に構成しているので、加工・処理条件を変化させることなく、つまり試料を全く移動させることなく、試料の様々な領域を様々な方向から観察することが可能となっている。

〔発明の効果〕

- 35 -

本発明によれば、種々の観察・計測装置または加工・処理装置の試料室内に集束電子線照射手段として小型に構成された SEM 鏡筒部を内蔵させることにより、装置全体を格別に大型化することなく、これらの装置に SEM 装置を複合化することができる。

また、本発明によれば、観察・計測装置または加工・処理装置の試料室内を真空排気するための排気系と集束電子線照射手段としての SEM 鏡筒部内を真空排気するための排気系とを共用化させることにより、SEM 鏡筒部内排気用の真空排気系を別途独立して設けることを要せずして、これらの装置に SEM 装置を複合化してやることができる。

さらに、本発明によれば、集束電子線照射手段としての SEM 鏡筒部の試料に対する相対位置関係を可変に構成することにより、観察・計測装置または加工・処理装置側に新たに SEM 観察に際して試料を移動させるための試料移動機構を設けることなく、これら装置に SEM 装置を複合化す

- 36 -

ることができる。

さらに、本発明によれば、集束電子線照射手段としての SEM 鏡筒部の内部空間を試料の加工・処理を行なっている空間領域から隠蔽(遮断)する手段を付設させることにより、加工・処理装置と SEM 装置との複合化装置において試料の加工・処理を行なうことによって SEM 装置の性能劣化が生じることを防ぐことができる。

4. 図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明の一実施例になる AFM 装置と SEM 装置との複合化装置の概略構成を示す断面模式図、

第 2 図は、第 1 図示の装置において試料の SEM 観察を行なう際の試料と SEM 鏡筒部との相対位置関係を示す模式図、

第 3 図は、同じく第 1 図示の装置においてカンチレバー裏面の SEM 観察を行なう際のカンチレバーと SEM 鏡筒部との相対位置関係を示す模式図、

第 4 図は、本発明による複合化装置に内蔵せし

- 37 -

- 38 -

められるSEM鏡筒部とその移動機構との具体的構成を示す断面図。

第5図は、本発明の他の一実施例になるSTM装置とSEM装置との複合化装置における試料とSEM鏡筒部との相対位置関係を示す模式図。

第6図は、本発明のさらに他の一実施例になる分子線結晶成長装置とSEM装置との複合化装置の概略構成を示す断面模式図。

第7図は、本発明のさらに他の一実施例になるドライエッチング装置とSEM装置との複合化装置の概略構成を示す断面模式図。

第8図は、第7図示の装置を用いて試料のエッチング処理とSEM観察とを行なう様子を説明するための試料(多層結晶体)の断面図。

第9図は、本発明のさらに他の一実施例になるFIB装置とSEM装置との複合化装置の概略構成を示す断面模式図。

第10図は、従来例による加工・処理装置とSEM装置との複合化装置の概略構成を示す断面模式図、である。

図中の符号の説明

1: SEM鏡筒部, 2: 移動機構, 3: 試料,
4: 試料台, 5: AFM用探針, 6: カンチレバー,
7: STM用探針, 8, 9: トライポッド型スキャナ, 10: ベース, 11: スライダ, 12~15: ステップ移動機構, 16: 後盾型防振機構,
17: 超高真空容器, 18, 19: 超高真空ポンプ, 20: 粗引き用ポンプ, 21~23: 真空バルブ, 101: 第1電極, 102: 偏向コイル, 103: ポビン, 104: 第2電極, 105: 第3電極, 106: 第4電極, 107: 絶縁端子, 108: ホルダ, 109: ベローズ, 110: 微動ネジ, 111: フランジ, 112: ボール, 113: ナット, 114: 電子銃, 115: 導入端子, 116: 電子銃フランジ, 117: 制御・表示装置, 118: ネジ部, 201~203: 分子線源, 204: 試料室, 205: 二次電子, 206: 二次電子検出器, 207: GaAs基板, 208: GaAlAs層, 209: GaAs層, 210: 電子線, 211: 開閉弁, 212: 高周

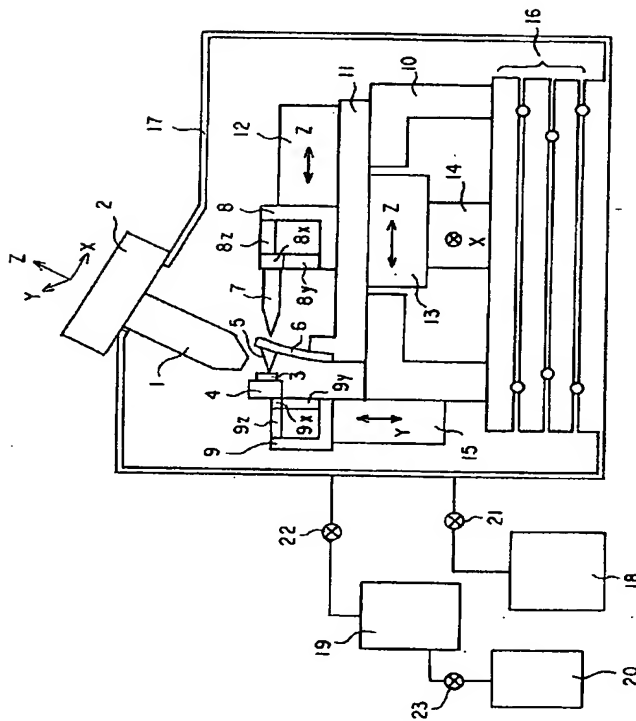
- 39 -

- 40 -

波電源, 213: 電極, 220: イオン源,
221: イオンビーム, 222: イオン引出電極,
223: 第一集束レンズ, 224: プランキング電極, 225: 第二集束レンズ, 226: 偏向電極, 227: θ 駆動部, 228: ϕ 駆動部,
229, 230: ノズル, 231: エッチングガスポンペ, 232: CVDガスポンペ, 233: イオンビームチャンバ, 250: 従来のSEM鏡筒, 251: SEM試料室。

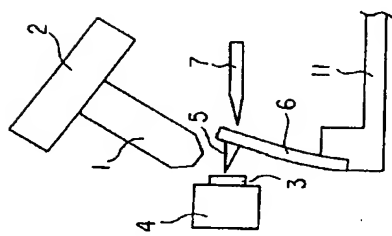
代理人 弁理士 薄田利幸

- 41 -

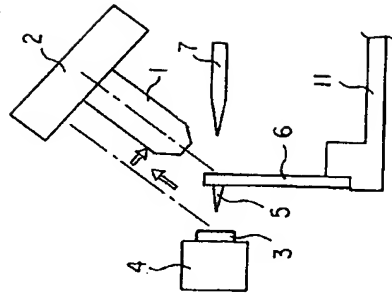


- 1---SEM鏡筒部
2---移動機構
3---試料
4---試料台
5---AFM用探針
6---カンチレバー
7---STM用探針
8,9---トライボッド型スキャナ
10---ベース
11---スライダ
12~15---ステップ移動機構
16---積層型防振機構
17---超高真空容器
18,19---超高真空ポンプ
20---粗引き用ポンプ
21~23---真空バルブ

第1図

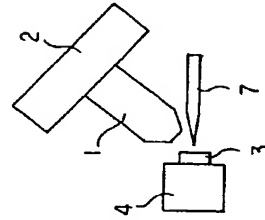


第2図

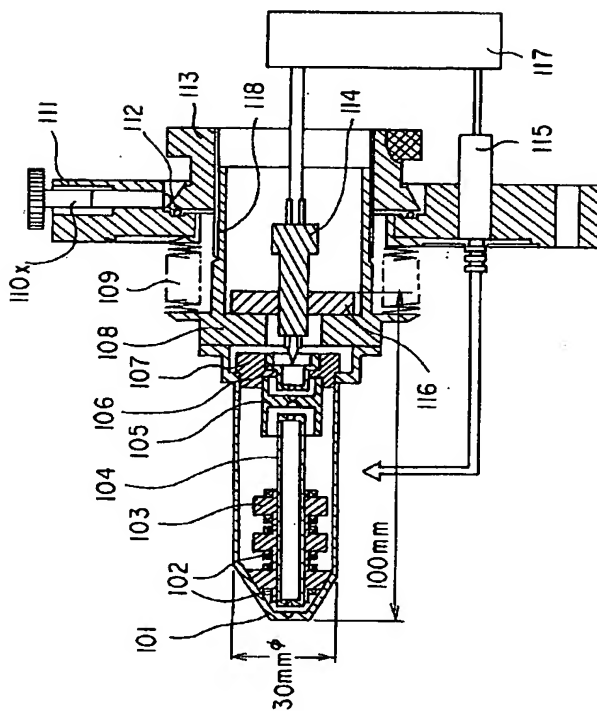


第3図

- 1---SEM鏡筒部
2---移動機構
3---試料
4---試料台
5---AFM用探針
6---カンチレバー
7---STM用探針
11---スライダ

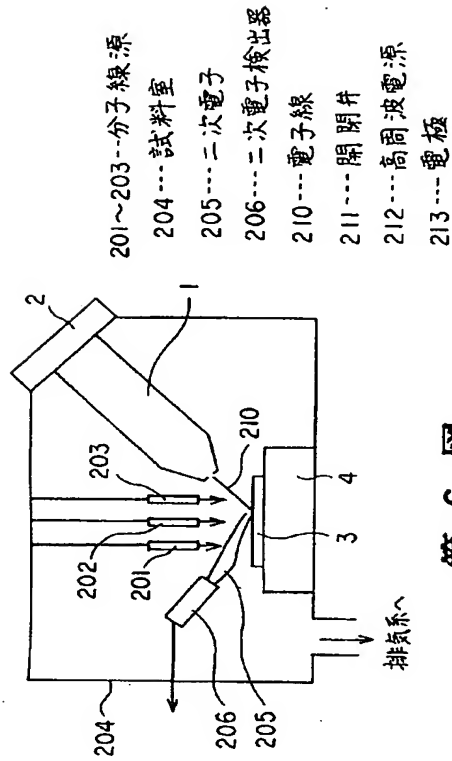


第5図

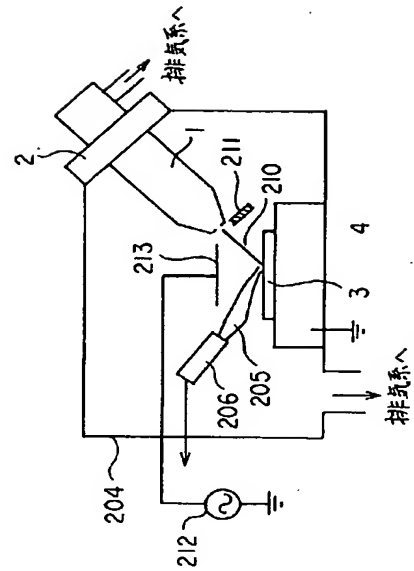


- | | | | |
|---------|-------|---------|---------|
| 101---- | 第1電極 | 110---- | 微動ネジ |
| 102---- | 偏向コイル | 111---- | フランジ |
| 103---- | ボビン | 112---- | ボール |
| 104---- | 第2電極 | 113---- | ナット |
| 105---- | 第3電極 | 114---- | 電子銃 |
| 106---- | 第4電極 | 115---- | 導入端子 |
| 107---- | 絶縁端子 | 116---- | 電子銃フランジ |
| 108---- | ホルダ | 117---- | 制御表示装置 |
| 109---- | ベローズ | 118---- | ネジ部 |

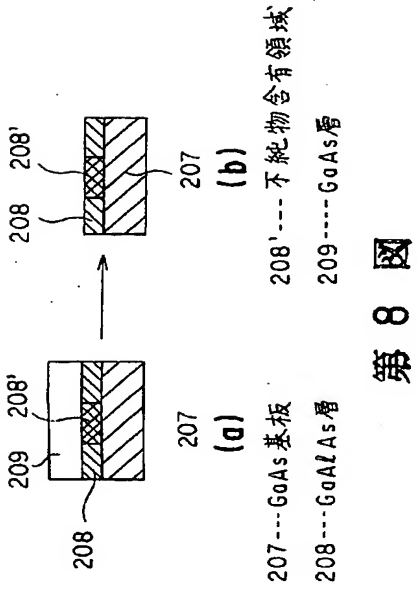
第 4 図



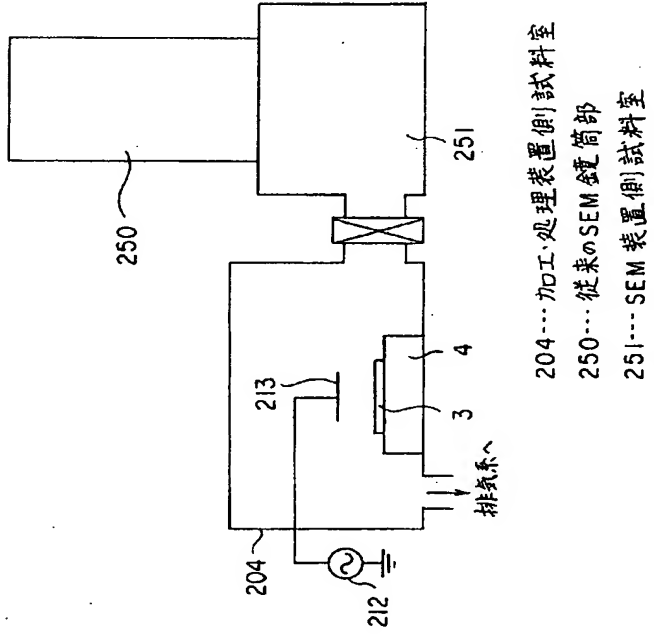
第 6 図



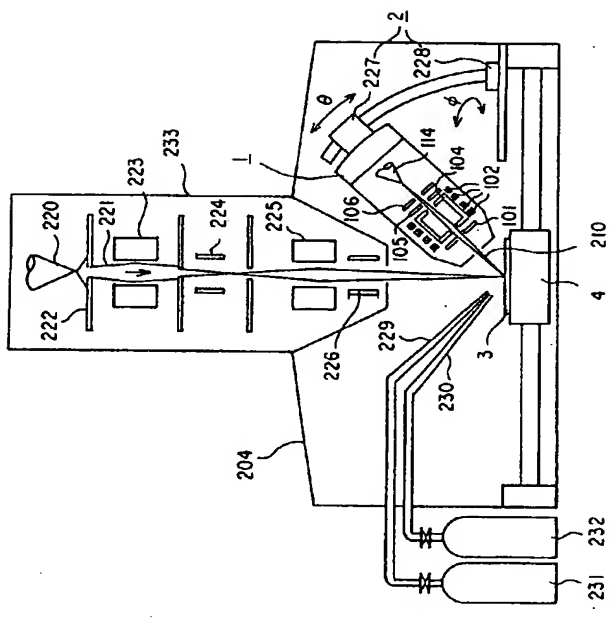
第 7 図



第 8 図



第 10 図



第 9 図

第1頁の続き

⑦発明者 原 市

聡 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作
所生産技術研究所内